

Е. К. МАРХИНИН

ВЫХОДЫ ПАРА НА О-ВЕ КУНАШИР (ГОРЯЧИЙ ПЛЯЖ)

Участок горячих ключей и интенсивных выходов пара, известный под названием «Горячий Пляж», расположен на Тихоокеанском побережье о-ва Кунашир у подножья вулкана Менделеева, в 6 км на северо-восток от его вершины и в 7 км на юго-запад от районного центра г. Южно-Курильска. Полоса термальных проявлений, достигающая 200—250 м ширины, протягивается вдоль берега на расстояние 1 км. Большая часть горячих источников и выходов пара расположена непосредственно на пляже. Часть из них приурочена к зоне прибоя и заливается во время приливов. На первой 3—6-метровой морской террасе, где находится пос. Горячий Пляж, имеется несколько участков выхода пара. С севера, запада и юга первая терраса окаймлена уступом второй террасы, высотой 20—30 м, из-под которой в ряде мест просачиваются грунтовые воды. Вторая морская терраса узким перешейком упирается в мыс Горячий, образованный липарито-дацитовой экструзией.

Перешеек второй террасы и мыс Горячий делят всю полосу термальных проявлений на две неравные части: северо-восточную, где расположено подавляющее большинство их, и юго-западную. С юго-западной стороны мыса находятся три выхода горячей воды: один непосредственно у контакта с экструзией и два на значительном расстоянии от нее.

Температура воды в горячих источниках достигает 99°. Температура пара 100°. Температура пара в нескольких пробуренных нами 1,5—2-метровых скважинах также равнялась 100°.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УЧАСТКА

Участок сложен верхнетретичными (?) туфопесчаниками и туфоконгломератами, которые прорываются липарито-дацитовой экструзией и туфовой псевдодайки. На большей части участка коренные породы перекрыты террасовыми образованиями и морским песком.

Верхнетретичные (?) туфопесчаники и туфоконгломераты

Туфопесчаники и туфоконгломераты выходят непосредственно на пляже из-под морского песка, а также в уступе второй морской террасы. Нижняя часть разреза представлена среднезернистыми тонкослоистыми (от нескольких миллиметров до одного сантиметра) туфопесчаниками серого и желтовато-зеленоватого цвета. Падение их на СЗ 295°, < 26°. Выше залегают

кремнистые слоистые туфопесчаники светло-коричневатого, реже серого и темно-серого цвета на выветрелых поверхностях окрашенные в темно-малиновые и бурые тона. Толщина слоев от 1 до 10 см.

Под микроскопом видно, что обломки кристаллов в туфопесчаниках, представленные Лабрадором и авгитом, имеют максимальную величину 0,1—0,2 мм. Туфопесчаники сцементированы гидрохимическим криптокристаллическим кварцем и гидроокислами железа. Иногда можно видеть тонкие прожилочки кварца, не имеющие резких границ и вытягивающиеся по напластованию. Слоистость в шлифе подчеркивается ориентированным расположением длинных сторон отдельных более крупных кристаллов. В тех случаях, когда окварцованность выражена слабо, в шлифе хорошо видно (обр. № 10), что основная масса породы состоит в значительной мере из вулканического стекла с кристаллитами.

Туфопесчаники переслаиваются с орешковыми туфоконгломератами бурого и зеленого цвета. Мощность прослоев их от 10 до 50 см. В обнажении они играют подчиненную роль. Азимут падения туфопесчаников 255—260°, $\angle 20^\circ$. Несколько западнее наблюдается обратное падение слоев приблизительно под таким же углом. Очевидно, они образуют небольшую синклинальную складку. Это дает некоторое основание предполагать, что выходы пара на участке Горячий Пляж приурочены к восточному крылу сравнительно пологой синклинальной структуры недалеко от ее оси. Туфопесчаники в обнажении разбиты многочисленными трещинами. Простираение их близко к меридиональному и северо-восточному 40°.

Видимая общая мощность туфопесчаников 15—20 м. Выше лежат грубые туфоконгломераты. Туфоконгломераты представляют собой сравнительно плотно сцементированные, большей частью угловатые, обломки андезито-базальтов самой разнообразной величины (от 1—2 см до 1 м в поперечнике), темно-серого цвета.

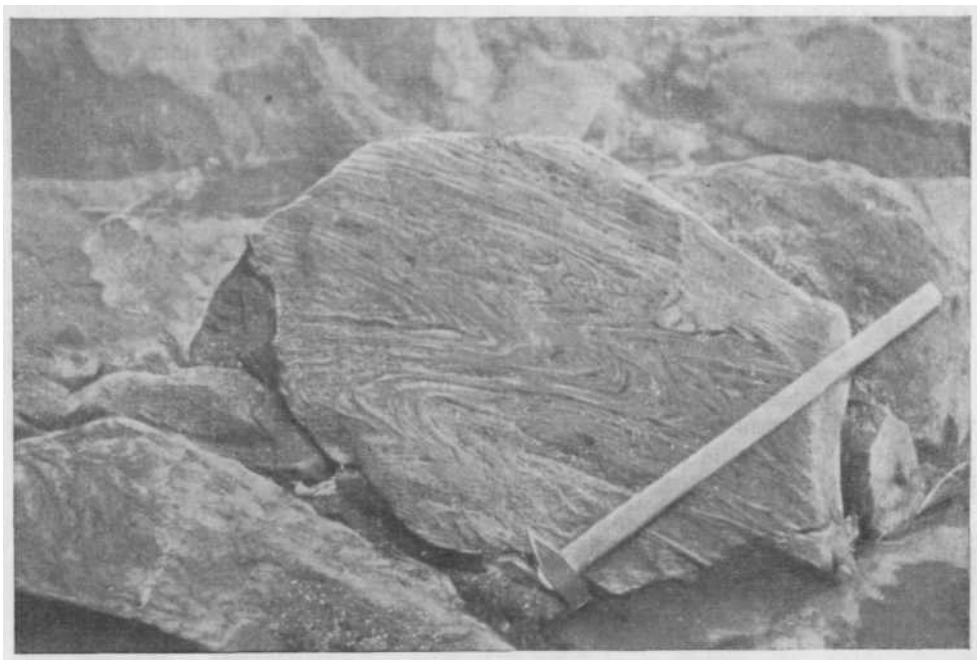
В шлифе видны многочисленные вкрапленники плагиоклаза, авгита, гиперстена и рудного минерала, которые (обр. № 17) составляют 23% породы. Из них плагиоклаза — 16%, моноклинного пироксена — 4%, ромбического пироксена — 2%, рудного минерала — 2%. Основная масса имеет структуру, близкую к интерсертальной. Короткопризматические микролиты плагиоклаза (0,004 мм в длину и 0,002 мм в ширину) и мельчайшие зернышки (0,01 мм) пироксена и рудного минерала сцементированы вулканическим стеклом светло-коричневого цвета. Цемент представлен туфопесчаником.

Слоистость в туфоконгломератах почти не проявляется. Углового несогласия между ними и подстилающими туфопесчаниками, по-видимому, нет. Видимая мощность туфоконгломератов 15—20 м. Общая видимая мощность третичных туфогенных образований на Горячем Пляже 30—40 м.

Л и п а р и т о - д а ц и т о в а я э к с т р у з и я м ы с а Г о р я ч е г о

Липарито-дацитовая экструзия, слагающая мыс Горячий, имеет длину 400—450 м и ширину 250 м; она возвышается над поверхностью воды на 50 м. Точные ее формы и размеры, однако, не установлены, так как большая часть экструзии скрыта морем. Экструзия разбита вертикальными и горизонтальными трещинами отдельности. Горизонтальные трещины полого падают на юго-восток 140°, а вертикальные имеют слабый наклон на запад 270°. В краевых частях экструзии много небольших ксенолитов плотных туфогенных песчаников. Они располагаются строго вдоль линий течения. Плоскости течения в экструзии (фиг. 1) имеют преимущественное

падение на юго-запад $180\text{--}240^\circ$ под крутыми углами в $70\text{--}80^\circ$. Характер расположения линий течения свидетельствует о том, что липарито-дацитовая магма была выжата по трещине, имеющей простирание в пределах $190\text{--}220^\circ$ и очень крутое падение на юго-запад.



Фиг. 1. Линии течения в липарито-дацитах

В некоторых местах экструзии можно наблюдать хорошо выраженные зеркала скольжения, являющиеся, по-видимому, следами трещин скола. Наблюдаются три системы плоскостей с зеркалами скольжения, которые имеют следующие падения: первая СЗ 350° , $\angle 45\text{--}50^\circ$; вторая — ЮВ $130\text{--}140^\circ$, $\angle 60^\circ$; третья — ЮЗ $200\text{--}210^\circ$, $\angle 80^\circ$. Возникновение трещин скола и, как следствие, зеркал скольжения говорит о том, что уже после затвердевания экструзии в отдельных ее частях возникали значительные напряжения.

Породы, слагающие экструзию Горячего Пляжа, темные, плотные со сравнительно редкими вкрапленниками полевого шпата и иногда кварца. Структура витропорфировая с кристаллитовой, иногда сферолитовой, структурой основной массы. Отдельные сферолиты имеют размеры до 0,2 мм в поперечнике. Иногда они сливаются по два, по три и более. Сферолиты повсюду соприкасаются и составляют более половины основной массы породы. Они представляют собой комочки вулканического стекла округлой формы ($n = 1,505 + 0,002$) с редкими кристаллитами, в то время как масса между ними раскристаллизована в значительно большей степени. Кристаллиты большей частью имеют форму прямых цепочек длиной 0,02 мм, состоящих из мельчайших продолговатых шариков. При сильном увеличении можно заметить, что расположение кристаллитов во всех сферолитах подчинено общему направлению линий течения, которые заметны в шлифе, в частности по ориентировке длинных сторон плагиоклазовых вкрапленников. Вкрапленники (обр. № 337) составляют 11% породы. Из них на

плагиоклаз (обр. № 38) приходится 7%. Размер кристаллов плагиоклаза в среднем 1х0,2 мм. В отдельных случаях они имеют глубокие заливы из основной массы. Особенно сильное корродирующее действие основной массы породы сказалось на фенокристаллах кварца. Все они имеют округлую неправильную форму, иногда с замысловатыми затеками основной массы. В отдельных случаях очень хорошо видно, как нерастворившиеся остатки фенокристаллов кварца постепенно сливаются с основной массой. Между кристаллом кварца и основной массой имеется переходная зона промежуточного состава.

Там, где к экстружии примыкает узкий перешеек 2-й морской террасы, липарито-дациты действием гидротермальных растворов превращены в глины. Интенсивное изменение липарито-дацитов под действием гидротерм в этом месте является, по нашему мнению, результатом того, что здесь, близ западного контакта экстружии, проходят основные подводящие гидротермы трещины северо-восточного простирания.

Туфовая псевдодайка

Туфовая псевдодайка имеет мощность 25 см. Она пересекает верхнетрепичные туфопесчаники Горячего Пляжа по азимуту СВ 45—50° и под углом 80—85° падает на северо-запад (фиг. 2). Дайка прослеживается на расстоянии нескольких десятков метров и скрывается под песком пляжа.



Фиг. 2. Туфовая псевдодайка

Порода серая с малиново-красным оттенком. Характерен раковистый излом.

Под микроскопом видно (обр. № 339), что порода состоит из многочисленных кристалликов полевого шпата, имеющих двойниковое сложение и

сцементированных пористой массой, состоящей из стекловатого пепла. Размеры обломков полевого шпата в основном 0,2—0,5 мм. Кроме них, встречаются редкие обломочки стекловатой породы с многочисленными кристаллитами в форме цепочек.

Террасовые отложения

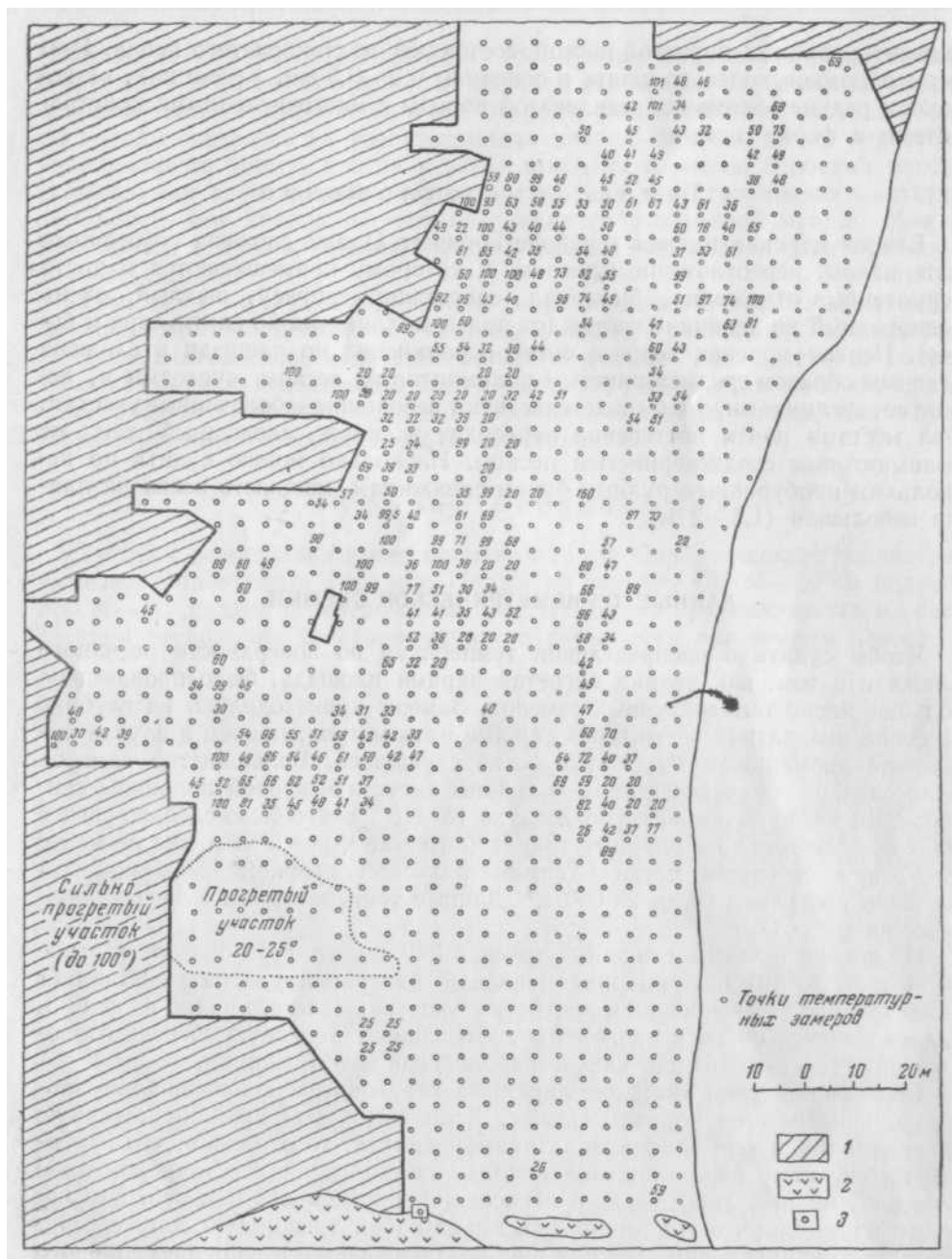
Вторая морская терраса в районе Горячего Пляжа сложена туфогенным материалом, переотложенным морем, к которому примешиваются и чисто терригенные отложения. Материал, слагающий террасу, рыхлый, очень разнородный по величине частиц (от долей миллиметра до сантиметра и более). Первая морская терраса очень ограничена по площади и сложена главным образом среднезернистым полимиктовым песком, супесями и, вероятно, суглинками, о чем свидетельствуют небольшие заболоченные участки. Она местами почти постепенно переходит в пляж, сложенный тем же полимиктовым среднезернистым песком. Насколько можно судить по нескольким пробуренным ручным буром скважинам, мощность песка на пляже небольшая (1,5—2 м).

ДАННЫЕ ТЕРМОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Чтобы судить о распределении температур по поверхности песчаного пляжа и о том, как велика нагретая парами площадь, было произведено большое число температурных замеров. Замеры производились на глубине 15 см по квадратной сетке через каждые пять метров, причем в случае выявления аномальных температур сетка сгущалась. Большинство замеров было сделано в течение второй половины августа и первой половины сентября 1954 г. при температуре воздуха 15—18°. Всего было сделано свыше 1000 замеров только в опорных точках (по сетке через 5 м) и еще не менее ста — при сгущении сетки. Термометрической съемкой была покрыта площадь несколько более 23 000 м². Данные температурных замеров показаны на фиг. 3.

Из тысячи с лишним опорных точек в 240 температура оказалась выше 30° (от 30 до 101°). Суммарная площадь прогретых участков составляет более 5000 м². Температура в прогретых участках, как это видно из фиг. 3, распределяется очень неравномерно, что зависит в первую очередь от положения точек по отношению к пароподводящим трещинам.

Обращает на себя внимание линейный характер расположения термальных проявлений на Горячем Пляже. Если соединить крайние северную и южную точки термопроявлений прямой линией, то окажется, что наиболее интенсивные паровыделения и большинство горячих источников либо попадают на нее, либо лежат в непосредственной близости к ней. Это наводит на мысль, что эта линия фиксирует собой трещинную зону северо-восточного направления. Такой вывод подтверждается и наличием сильного гидротермального изменения липарито-дацитов в месте пересечения их этой линией и линейным расположением прогретых участков. По-видимому, помимо основной системы трещин северо-восточного направления, соответствующей общей вытянутости прогретых участков и всей полосе термальных проявлений, может быть выделена, как пароподводящая, также система трещин восточного и юго-восточного направления, соответствующая некоторым поперечным «перемычкам» между температурными максимумами первого направления. Важным аргументом в пользу существования этих двух систем пароподводящих трещин является северо-восточное простираение



Фиг. 3. Данные замеров температур:

1 — площади, занятые постройками, огородами, скальными породами и т. п., на которых замеры температур не производились; 2 — выходы липарито-дацитов; 3 — точка привязки

псевдодайки и юго-восточное простираение плоскостей течения в липарито-дацитовый экструзии. По нашему мнению, по крутому падению псевдодайки и плоскостей течения в экструзии можно с большой долей вероятности судить и о крутом падении пароподводящих трещин. Вероятно многие горячие источники и интенсивные выходы пара приурочены к пересечениям северо-восточных и юго-восточных трещин.

ХИМИЗМ ВОД

Химизм вод всех горячих минеральных источников о-ва Кунашир определяется двумя основными причинами: 1) большей или меньшей примесью магматических эманации и их производных к метеорным водам, предопределяющей заимствование катионов из контактируемых с ними горных пород; 2) прямым или косвенным влиянием вод океана. В составе гидросольфатар вулканов, расположенных на острове (вулкан Головнина и вулкан Менделеева), велико влияние примесей магматических эманации. Наоборот, в составе вод источников трещинной зоны Горячего Пляжа заметно влияние вод океана.

В табл. 1 приведен химический анализ воды из одного из каптированных источников Горячего Пляжа.

В табл. 2. приведен состав спонтанного газа.

Как известно, для суждения о генезисе минерализованных вод исключительное значение имеют некоторые ионные отношения. Из них, как это показал А. Н. Бунеев и подчеркивает А. П. Виноградов, наибольшее значение имеет отношение брома к хлору. Отношение брома к хлору в океанской воде равно 0,0015. Близкие или несколько меньшие величины свидетельствуют о том, что вода минеральных источников является производной от морской воды. Из табл. 1 следует, что отношение брома к хлору в водах Горячего Пляжа равно 0,0015. Можно думать, что они являются производными океанической воды. Этот вывод подтверждается и другим характерным отношением — ионов натрия к ионам хлора. Для океанической воды оно равно 0,85, для воды Горячего Пляжа — 0,82.

Другие ионные отношения, как подчеркивает А. Н. Бунеев (1956), не характерны, так как претерпевают в стратиферу глубокие изменения либо вследствие адсорбции пелитовым веществом (K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), либо вследствие осаждения (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-}), либо благодаря способности легко восстанавливаться или, наоборот, окисляться (SO_4^{2-} , NO_3^{2-} , J^-).

Высокое содержание в водах Горячего Пляжа метаборной кислоты, характерное и для ряда заграничных термальных месторождений (например, района Лардорелло), объясняется, вероятно, примесью магматических эманации.

В пользу того, что термальные воды Горячего Пляжа являются видоизмененными морскими водами, помимо их химического состава, говорят также геологические факты — наклон верхнетретичных туфогенных песчаников и конгломератов от берега в глубь острова. При наличии в толще водоносных горизонтов насыщение их морской водой неизбежно.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПАРА

На сравнительно небольшой глубине от поверхности (от нескольких сот метров до нескольких километров) вероятно находится остывающая гранитоидная интрузия постнеогенового возраста. Липарито-дацитовая экструзия мыса Горячего рассматривается нами как дериват этой кислой глубинной интрузии.

Таблица 1

Химический состав воды Горячего Пляжа

Аналитик С. С. Крапивина

Компоненты	г/л	мг/экв	экв-%
NH_4^+	0,0010	0,05	0,07
Na^+	1,2320	53,59	80,29
K^+	0,1774	4,53	6,79
Ca^{2+}	0,1397	6,97	10,45
Mg^{2+}	0,0194	1,60	2,40
Cu^{2+}	0,00006	0,00	
As^{2+}	Следы	—	
Сумма	1,5696	66,74	100
F^-	—	—	
Cl^-	2,3075	65,07	97,52
Br^-	0,0090	0,10	0,14
J^-	0,0006	0,00	
SO_4^{1-}	0,0419	0,87	1,30
HCO_3^-	0,0432	0,70	1,04
HPO_4^{2-}	0,0001	—	
CO_3^{2-}	Слабые следы	—	
NO_2^-	0,00005	0,00	
Сумма	2,4022	66,74	100
Недиссоциированные молекулы			
CO_2	0,154		
H_2SiO_3	0,3320		
HBO_2	0,0508		
H_3AsO_3	—		
Сухой остаток	4,428		
pH	8,03		
		$M_{1,36} = \frac{\text{Cl}_{97}}{\text{Na}_{80}}$	

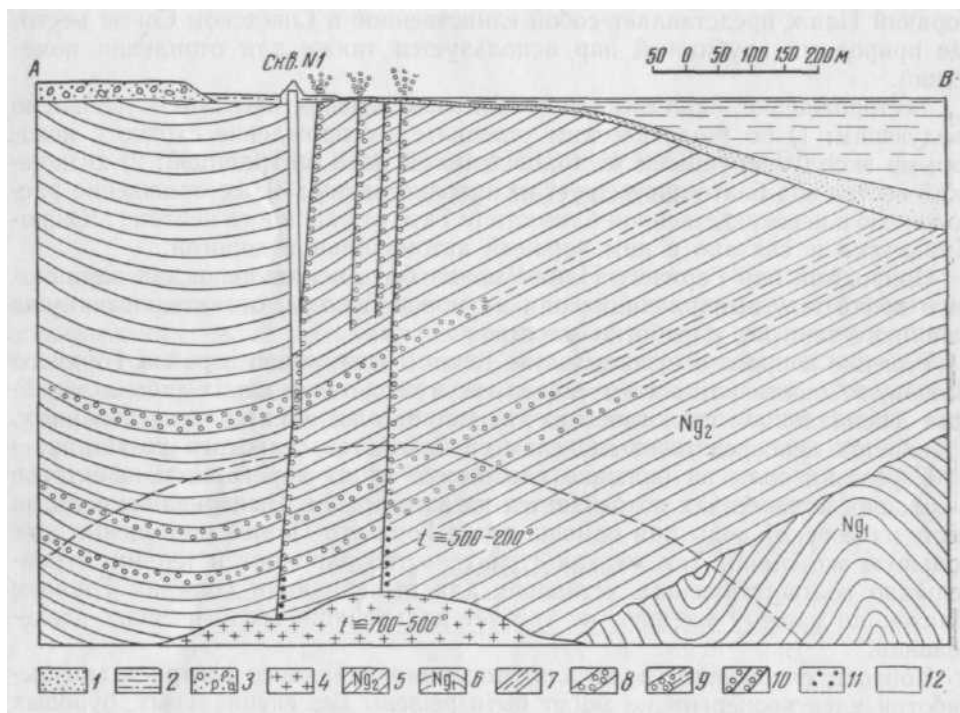
Таблица 2

Состав спонтанных газов в источниках Горячего Пляжа

Аналитик К. П. Флоренский

CO_2	O_2	H_2	CO	CH_4	N_2	$\frac{\text{He} + \text{Ne}}{\text{N}_2 + \text{I}}$	$\frac{\text{Ar}}{\text{N}}$	Проба
8,50	13,45	0,00	0,00	5,71	72,34	0,00387	1,484	С. И. Набоко В. В. Иванова
13,1	1,14	0,00	0,00	0,35	87,70	0,00213	1,489	

Инtruзия до сих пор еще, вероятно, не остыла и вокруг нее образуется поле высоких температур. Это обусловлено теплопроводностью пород и проникновением через них летучих, выделяющихся из остывающей инtruзии. Вода в водонасыщенных горизонтах в этих условиях становится перегретой. Там, где горизонты с перегретой водой пересекаются



Фиг. 4. Гипотетический разрез через трещинную зону Горячего Пляжа

- 1 — современный морской песок, насыщенный морской водой; 2 — пески и супеси I морской террасы; 3 — отложения II морской террасы; 4 — постнеогеновая гранитоидная инtruзия; 5 — плиоценовые отложения (?); 6 — миоценовые отложения (?); 7 — водоносные отложения, насыщенные морской водой; 8 — водоносные горизонты с перегретой водой и паром; 9 — переход морской воды в пар или потенциальный пар (перегретую воду); 10 — разломы с циркулирующими по ним паром и водой; 11 — ювенильные пары и газы; 12 — поле высоких температур в неинtruзивных породах

трещинной зоной, вода, частично превращаясь в пар, устремляется к поверхности земли. При этом она прогревает всю трещинную зону и, частично, боковые породы. Поступление больших количеств пара по трещинам к поверхности земли, в свою очередь, создает условия для проникновения в прогретые слои новых порций диагенезированной воды со дна океана. Таким образом, поступающая на поверхность вода является, по нашему мнению, видоизмененной морской водой. Это видоизменение обусловлено термометаморфизмом диагенезированных морских вод, взаимодействием их с вмещающими породами и, в меньшей мере, растворением в них магматических компонентов.

Изложенное представление о формировании горячей воды и пара отображено на фиг. 4.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫХОДОВ ПАРА НА О-ВЕ КУНАШИР

Горячие источники и выходы пара на Горячем Пляже, так же как горячие источники в других районах острова, используются населением для удовлетворения бытовых нужд (ванны, бани, прачечные и т. п.), но пос. Горячий Пляж представляет собой единственное в Советском Союзе место, где природный глубинный пар используется также для отопления помещений.

Месторождение пара здесь имеет большие перспективы. Это обусловлено следующим: 1) по геологическим условиям месторождение сходно с некоторыми эксплуатируемыми месторождениями пара за границей; 2) химический состав вод благоприятствует их использованию; 3) месторождение расположено в непосредственной близости (в 7 км) от районного центра г. Южно-Курильска и связано с ним хорошей автомобильной дорогой.

Природный пар Горячего Пляжа может быть использован для парникового хозяйства, выпаривания соли из морской воды, отопительных нужд районного центра, выработки электроэнергии.

Решение вопроса о строительстве теплиц и парников в район Горячего Пляжа, важность которого очевидна, не нуждается в каких-либо дальнейших специальных геологических и гидрогеологических исследованиях, а является непосредственным делом специалистов сельского хозяйства.

Перевозки соли на большие расстояния стоят дорого. Соль на острове в больших количествах потребляется на засол рыбы. Выпаривание соли на месте из морской воды при помощи тепла Горячего Пляжа несомненно даст большую экономию. Так же как строительство парников и теплиц, строительство соответствующих установок для выпаривания соли на Горячем Пляже, по нашему мнению, не требует дальнейших геологических исследований.

Вопросы снабжения паром для отопления районного центра и для выработки электроэнергии не могут быть решены без специальных буровых работ на пар. Постановка таких работ весьма рациональна и даст значительную экономию в народном хозяйстве.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Б у н е е в М. М. Основы гидрогеохимии минеральных вод осадочных отложений. М., Медгиз, 1956.
- Иванов В. В. Гидротермы очагов современного вулканизма Камчатки и Курильских островов. Тр. Лаб. вулк., вып. 12, 1956.
- Иванов В. В. Парогидротермы Курило-Камчатской вулканической зоны и их энергетическое значение. Тезисы докладов на I-м Всесоюзном совещании по геотерм. исследованиям в СССР. М., 1956.
- М а р х и н и н Е. К. О приуроченности парогидротермальных проявлений на острове Кунашир к разрывным нарушениям. Бюлл. Вулк. ст., № 24, 1956.
- М а р х и н и н Е. К. Вулкан Менделеева и его состояние летом 1954 г, Бюлл. Вулк. ст., № 24, 1956.
- Ш и ш к и н О. В. О солевом составе иловых вод морских осадков. Автореферат диссертации на соискание учен. степ. кандидата хим. наук. М., 1955.